SONDA INCLINOMETRICA VERTICALE

Manuale d'Uso

INDICE

Introduzione	Pag. 4
Descrizione	Pag. 5
Esecuzione delle misure	Pag. 6
Elaborazione delle misure	Pag. 9
Troubleshooting	Pag. 12
Manutenzione	Pag. 12
Appendice 1	Pag. 14
Appendice 2	Pag. 15

Le informazioni contenute di seguito sono di proprietà di SISGEO S.r.l. Questo documento è soggetto a cambiamenti senza necessità di notifica ed è soggetto a restituzione su richiesta. Nessuna parte di questo manuale di istruzioni può essere riprodotto in nessuna forma senza il permesso scritto di SISGEO S.r.l.

Note sull'utilizzo del prodotto

Per un funzionamento sicuro ed efficace del prodotto si raccomanda di leggere attentamente le seguenti istruzioni prima dell'utilizzo.

Qualsiasi altra forma di impiego, oltre quella descritta nel presente manuale, è da considerarsi a totale responsabilità dell'utilizzatore.
Lo stesso dicasi per eventuali modifiche non autorizzate.
Oltre alle norme qui elencate, l'utilizzatore deve ottemperare a quanto previsto dalla vigente legislazione sulla sicurezza e la salute del personale nei posti di lavoro.
SISGEO non si riterrà responsabile di inconvenienti, rotture, incidenti, ecc. dovuti alla non conoscenza (o comunque alla non applicazione) delle prescrizioni contenute nel presente manuale.
Controllare che lo strumento non presenti danneggiamenti causati dal trasporto.
Verificare che l'imballo contenga tutti i componenti nonché eventuali accessori opzionali richiesti; nel caso rivolgersi al costruttore.
L'utilizzatore deve provvedere ad effettuare con cura tutte le operazioni descritte nel presente manuale.
L'eventuale manutenzione o riparazione dello strumento è consentito solo a operatori abilitati e autorizzati.
Detti operatori devono essere persone fisicamente e intellettualmente idonee.
Per informazioni o ordinazione di parti di ricambio specificare sempre i dati riportati sulla targhetta di identificazione.
Nella sostituzione di ricambi, usare esclusivamente RICAMBI ORIGINALI.
Il costruttore si riserva il diritto di effettuare modifiche, per qualunque esigenza di carattere tecnico o commerciale, senza l'obbligo di notifica.
Si cercherà comunque di garantire che i manuali vengano aggiornati in modo da rispecchiare le revisioni funzionali dei prodotti.

Simbologia

Di seguito viene riportata la simbologia utilizzata nel manuale per richiamare l'attenzione del lettore:

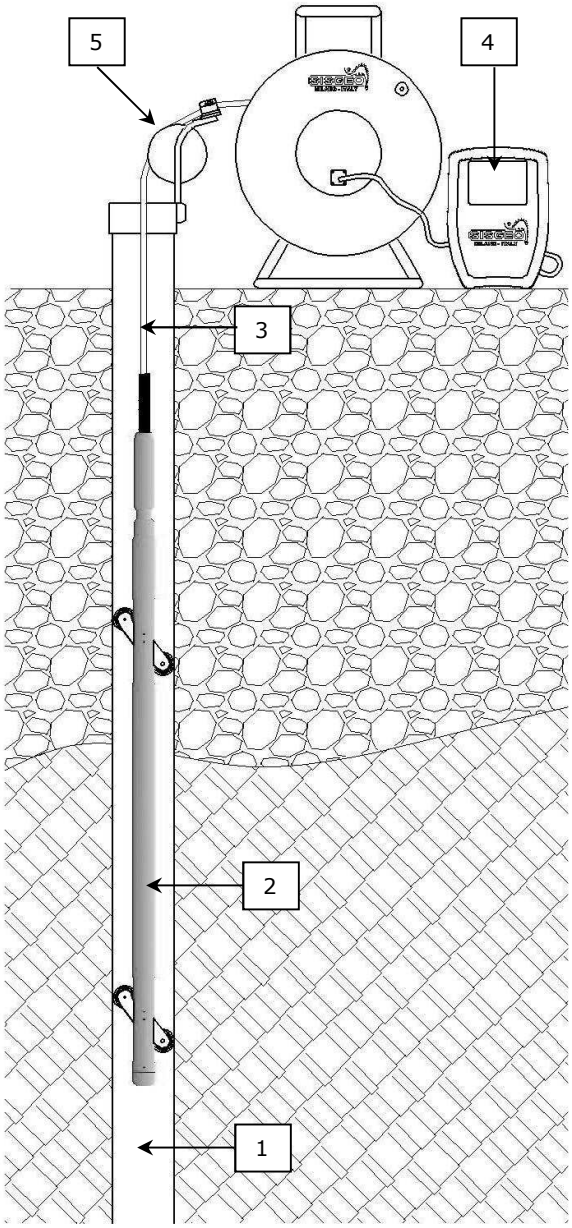
Prestare particolare attenzione alle indicazioni seguenti.

Identificazione

Gli strumenti possono essere identificati:

- da un lotto di produzione (indicato nel Certificato di Conformità)
- da un *serial number (s/n)* inciso in modo indelebile sullo stesso
- da una targhetta posizionata sullo strumento
- da una targhetta posizionata sul cavo.

Introduzione



Le sonde inclinometriche verticali sono usate per la misura di movimenti e deformazioni dei terreni, nonché per determinare le variazioni di assetto delle strutture.
I principali campi di applicazione sono le frane, i rilevati, le dighe, gli scavi a cielo aperto, le pile di ponti, i diaframmi, i muri di contenimento, i pali, le gallerie.

La sonda inclinometrica è parte di un sistema che comprende:

il tubo inclinometrico (1),in alluminio o ABS, a sezione circolare, provvisto di quattro guide ortogonali; segue le deformazioni del terreno o della struttura in cui è stato installato;

la sonda inclinometrica verticale (2);

il cavo inclinometrico (3),per calare la sonda in profondità e per il collegamento elettrico;

la centralina di misura (4), per il rilievo dei dati provenienti dalla sonda.

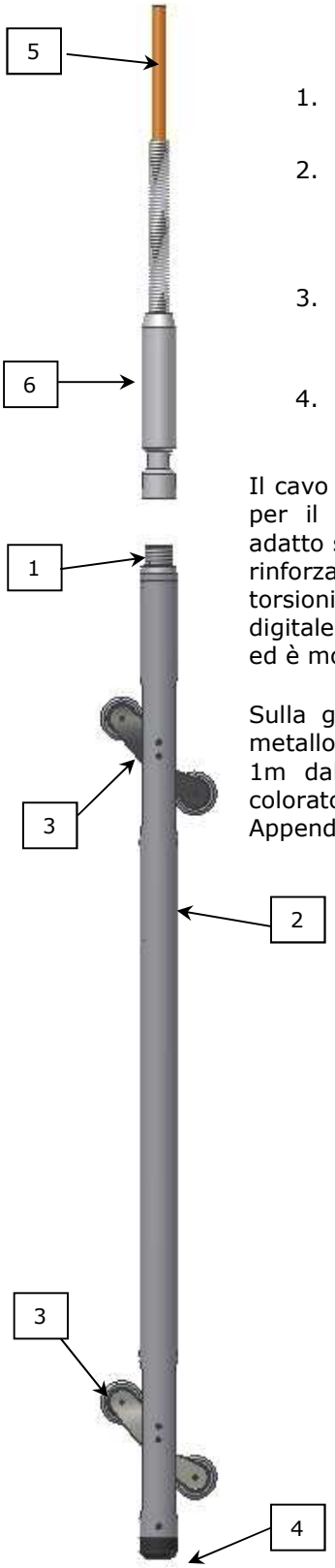
Inoltre sono consigliati i seguenti accessori:
sonda testimone, simile alla sonda inclinometrica ma priva di sensore. Permette la verifica dell'accessibilità della tubazione inclinometrica prima dell'introduzione della sonda di misura;

spiralometro, per la misura dell'angolo di spiralatura delle guide dei tubi inclinometrici;

carrucola strozza cavo (5), usata per bloccare il cavo e come riferimento di profondità.

banco di controllo, per la verifica della sonda inclinometrica;

Descrizione



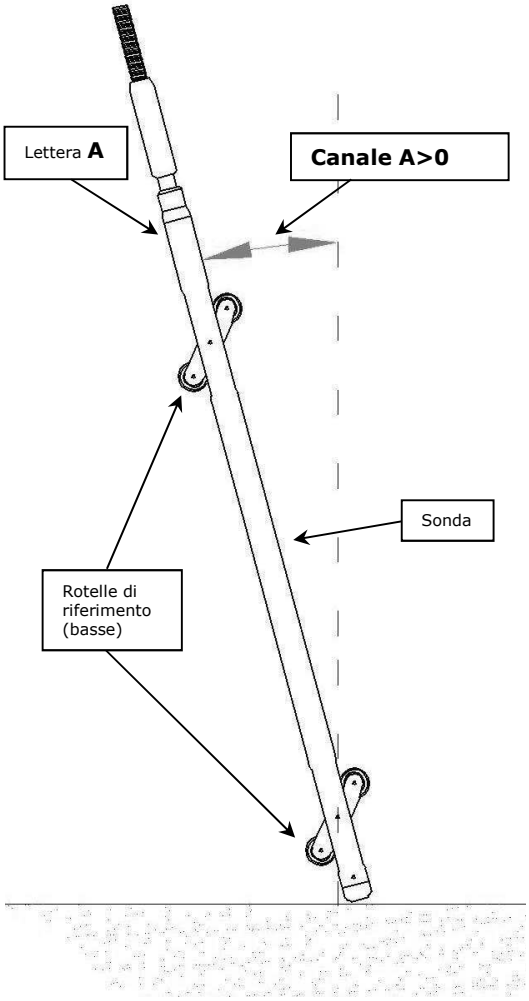
La sonda inclinometrica verticale è composta da :

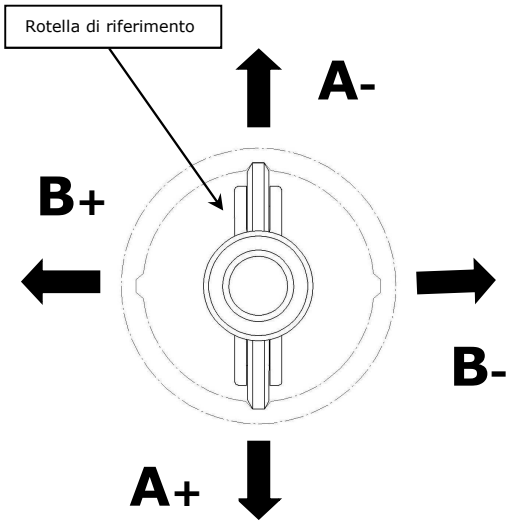
1. Un connettore elettrico provvisto di O-ring di tenuta;
2. Un corpo cilindrico in acciaio inossidabile al cui interno si trova un sensore biassiale, servo-accelerometrico o digitale, per la misurazione delle inclinazioni in due piani ortogonali;
3. Due carrelli con interasse di 50cm, provvisti di rotelle, per scorrere lungo le guide del tubo inclinometrico;
4. Un tappo di gomma, sul fondo, per limitare i danni dovuti ad urti accidentali.

Il cavo inclinometrico (5) è provvisto di un connettore (6) per il collegamento alla sonda. Il modello universale, adatto sia per sonde servo-accelerometriche che digitali, è rinforzato con una maglia ed un cavo in acciaio per evitare torsioni ed allungamenti. Il modello dedicato alla sonda digitale ha un'anima in kevlar per evitare l'allungamento ed è molto più leggero.

Sulla guaina esterna del cavo sono crimpate tacche di metallo posizionate ogni 50cm.La prima tacca si trova ad 1m dall'interasse dei carrelli. Ogni 5m un riferimento colorato facilita l'identificazione della quota (vedi Appendice 2).

Esecuzione delle misure





Generalità

I disegni a lato evidenziano le convenzioni: le rotelle basse e la lettera A sono il riferimento della sonda. Appoggiando la sonda su un piano ed inclinandola nelle direzioni delle frecce, i canali A e B (i 2 assi ortogonali) assumono segni diversi.

La lettura inclinometrica consiste nel leggere a passi regolari l'inclinazione del tubo inclinometrico rispetto alla verticale.
Il passo è di solito pari all'interasse dei carrelli od un suo multiplo.
La prima lettura detta "lettura di zero" è la lettura di riferimento rispetto alla quale si calcoleranno nel tempo gli spostamenti della tubazione inclinometrica; le letture successive sono chiamate "letture di esercizio".
Le letture inclinometriche possono essere eseguite su due o su quattro guide.
E' utile che la lettura di zero sia eseguita su quattro guide, poiché non di rado una tubazione potrebbe ovalizzarsi su due guide, impedendo così le letture della sonda lungo di esse, mentre le guide trasversali rimangono ancora percorribili.

Le guide dei tubi inclinometrici, una volta installati, sono contrassegnate con i numeri 1-2-3-4 in senso orario; la guida 1 viene stabilita come quella più vicina al nord geografico o quella orientata verso il presunto movimento o, ancora, secondo i riferimenti di cantiere.
Con "lettura su due guide" , caso tipico delle letture di esercizio, si intende, di solito, l'insieme delle misure effettuate con le rotelle di riferimento nelle guide 1 e 3; in ogni caso si devono eseguire sempre letture coniugate ovvero misure sulle guide contrapposte.
La "lettura su quattro guide" è l'insieme delle misure effettuate con le rotelle di riferimento in tutte e quattro le guide.

Prima di inserire nel tubo la sonda di misura, si consiglia di controllare lo stato della tubazione per mezzo della sonda testimone che va fatta scorrere per tutta la lunghezza della tubazione con le rotelle di riferimento posizionate di volta in volta in tutte e 4 le guide.

Di seguito si descrive il metodo per l'esecuzione delle letture inclinometriche:

- Rimuovere la sonda dalla custodia protettiva;
- Controllare la funzionalità dei carrelli e delle rotelle;
- Controllare l'integrità dell'O-ring di tenuta;
- Tenendo la sonda in verticale ed appoggiata al suolo, collegarla al cavo inclinometrico facendo molta attenzione a far combaciare i riferimenti dei connettori. NON RUOTARE e NON FORZARE i connettori per non danneggiarli irrimediabilmente;

- Una volta che i connettori sono accoppiati, avvitare manualmente la ghiera fino a completo serraggio. Se ben connessi la tenuta è garantita fino a 2 MPa;
- Introdurre la sonda nel tubo inclinometrico con le rotelle di riferimento nella guida 1 agendo sui carrelli; se disponibile installare la carrucola strozza cavo sul tubo inclinometrico e calare lentamente la sonda nel tubo fino a farla appoggiare sul fondo;
- Attendere generalmente 10-15 minuti per la stabilizzazione in temperatura;
- Collegare la centralina di misura al cavo inclinometrico mediante il cavetto in dotazione alla stessa. Attenzione a rispettare la polarità dei connettori;
- Sollevare la sonda fino a che la prima tacca disponibile si posizioni nel punto di misura previsto. Si deve fare molta attenzione al posizionamento delle tacche poiché per ottenere buoni risultati, questo non deve mai cambiare. Usando la carrucola strozza cavo, il punto di blocco può essere utilizzato come punto di misura della profondità;

- Attendere la stabilizzazione dei valori, identificati come A1 e B1, e nel caso di centralina di misura automatica, memorizzarli;
- Sollevare la sonda posizionando la successiva tacca del cavo nel punto di misura in accordo al passo impostato;
- Procedere di seguito, per tutto lo sviluppo del tubo;
- Terminata la guida 1, estrarre la sonda di misura dal tubo;
- Ruotare la sonda di 180°, reinserirla nel tubo con le rotelle di riferimento in guida 3 e calarla fino sul fondo;
- Procedere come precedentemente indicato per la guida 1. In questo caso i valori saranno identificati come A3 e B3

Si disporrà dunque, per ogni quota, di due valori di inclinazione nel piano delle guide 1-3 (A1-A3) e di due valori nel piano delle guide 2-4 (B1-B3).

- A conclusione della lettura, scollegare il cavetto di collegamento, svitare la ghiera e disconnettere la sonda dal cavo inclinometrico;
- Controllare i connettori (sonda e cavo) ed eventualmente asciugarli;
- Avvitare i tappi di protezione;
- Pulire con cura e asciugare la sonda nelle sue parti meccaniche;
- Riavvolgere il cavo inclinometrico sul rullo facendo attenzione a non provocare torsione;
- Riporre la sonda nella custodia protettiva;

Nel caso di lettura su 4 guide le operazioni descritte vanno eseguite anche con le

rotelle di riferimento in guida 2 (A2-B2) e quindi in guida 4 (A4-B4).

Consigli:

A. Utilizzare sempre lo stesso sistema inclinometrico per eseguire le letture in un tubo; utilizzare la carrucola strozza cavo.
B. Prestare attenzione al punto di riferimento.
C. Attendere sempre la stabilizzazione termica del sistema inclinometrico: può essere utile in questo caso osservare i valori indicati dalla centralina di misura, accesa da circa 5-10 minuti.
D. Passando da una quota alla successiva, prima di memorizzare i dati attendere la stabilizzazione dei valori,
E. In caso di posizionamento errato, calare la sonda ad una quota inferiore e recuperarla fino a bloccarla dove richiesto.
F. Evitare strappi e velocità eccessiva nel recupero della sonda.

Elaborazione delle misure

Normalmente le elaborazioni vengono eseguite utilizzando programmi di calcolo appositamente sviluppati (*INCLI2* di FIELD-SISGEO) ai quali si rimanda per ulteriori dettagli.

Di seguito illustriamo le nozioni base per l'elaborazione dei dati.

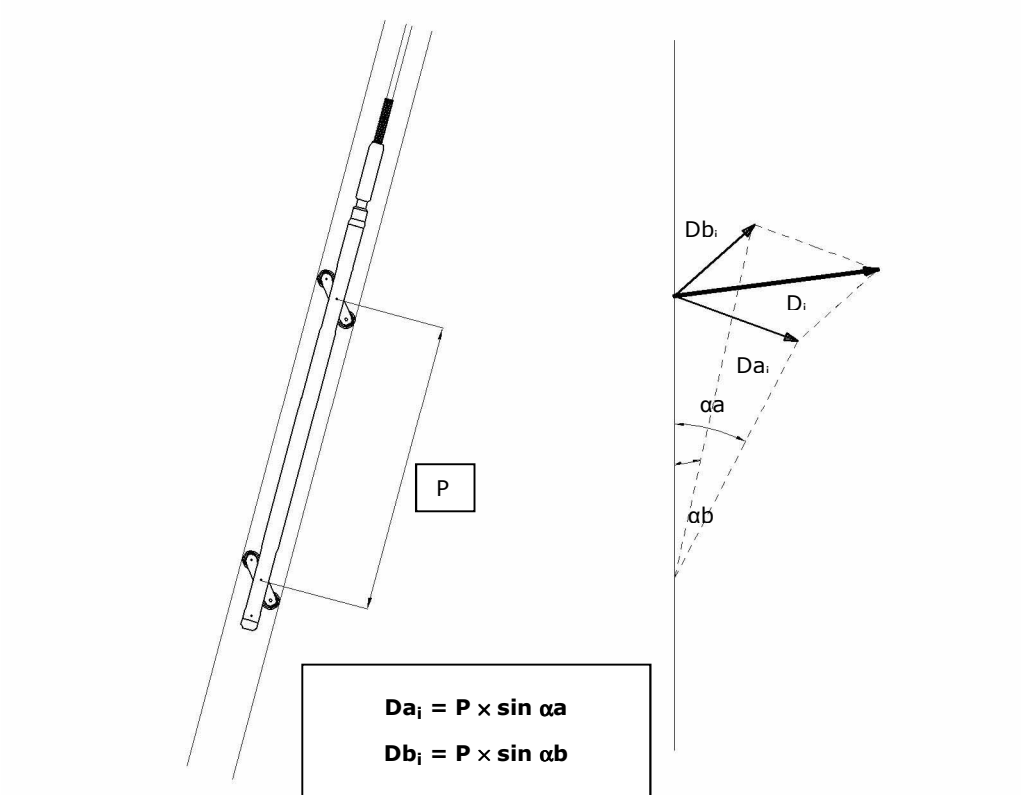
Le sonde inclinometriche SISGEO hanno una costante k pari a 20000.
I valori (digits) visualizzati dai datalogger SISGEO sono:

digits = (sinα) x (k)

Esempio:
Ch. A: 698(digits)

α= arcsin (698/20000) = 2°

Il calcolo delle deviazioni del tubo ad ogni quota di misura è dato dalle seguenti formule:



$$Da_i = P \times \sin \alpha a$$

$$Db_i = P \times \sin \alpha b$$

$$D_i = \sqrt{\left(Da^2 + Db^2\right)}$$

dove

Da_i Db_i= deviazioni del tubo alla quota generica, nelle due direzioni ortogonali A e B

P = passo di misura

sin α_a, sin α_b = angoli di inclinazione del tubo alla quota generica, nelle due direzioni ortogonali A e B

D^i = deviazione risultante del tubo alla quota generica

θ=Azimut della deviazione risultante rispetto alle direzioni A e B, alla quota generica= $\text{arctg}\left(\frac{D_{ai}}{D_{bi}}\right)$

Esempio:

Alla quota "i-esima" si leggono i seguenti valori:

A1 = 480
A3 = -506
B1 = 270
B3 = -285

Lo spostamento alla quota "i-esima" risulta pari a 14,39mm

Cenni sul checksum

Il checksum è la semisomma algebrica delle misure ottenute sulle guide coniugate 1-3 oppure 2-4.

È paragonabile ad un "offset", elettrico e meccanico della sonda inclinometrica e, come vedremo nell'esempio, non influisce sul risultato finale ma è indice del buon funzionamento del sistema inclinometrico, e quindi è importante una sua costante verifica.

Il valore di checksum può cambiare nel corso del tempo, ma se la variazione non è repentina, per esempio tra 2 letture consecutive, di solito non è necessario preoccuparsi nè chiedere l'intervento dell'Assistenza Tecnica di SISGEO.

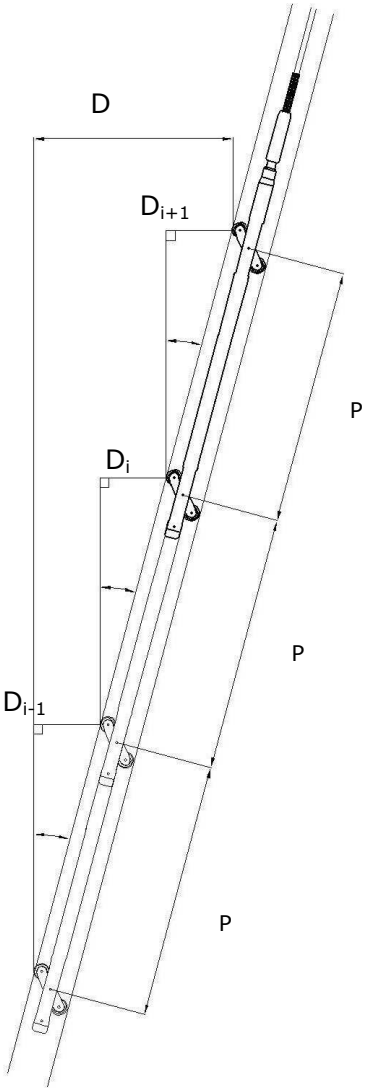
In ogni caso SISGEO consiglia un controllo del sistema inclinometrico per valori di checksum superiori a 25.

Il checksum può essere influenzato da incrostazioni nelle guide, da ammaccature od ovalizzazioni del tubo inclinometrico, dal posizionamento della rotella in prossimità dei giunti ed anche dalle differenze tra diverse centraline di misura.

Esempio:
inclinazione 2° , valore teorico =698 (digits) , A1= 713, A3=-683
checksum= (A1+A3)/2= 15
A1-checksum= 713-15=698; A3-checksum= -698-15=-698

In ogni caso il valore ottenuto dalle misure coniugate al fine dell'elaborazione è:
Am= (A1-A3)/2= 713-(-683)/2 = 698

Il calcolo della deviazione globale, o risultante, del tubo è data dalla seguente formula:



$$D = \sum_{1}^{n} D_i$$

Il calcolo della deviazione globale può essere effettuato "dal basso", ovvero considerando fissa la base del tubo ed ottenendo quindi la deviazione dello stesso a bocca foro, oppure "dall'alto" considerando fissa la testa del tubo, a piano campagna ed ottenendo quindi la deviazione della base del tubo.

In generale l'elaborazione dal basso, la più diffusa, si applica alla misura del movimento delle frane in cui si considera fissa la base del tubo perché ancorata al substrato stabile. L'elaborazione dall'alto si applica, ad esempio, quando si misuri la deviazione di un diaframma o di un palo di cui sia possibile stabilire le posizione planimetrica della sezione a piano campagna e quindi della testa del tubo inclinometrico, ottenendo la deviazione rispetto alla verticale.

Troubleshooting

Problema	Possibile causa	Soluzione
Misure errate	Configurazione sonda errata o persa	Verificare e correggere i parametri nel datalogger (vedi manuale dedicato)
	Scelta errata della guida di riferimento	Usare guida di riferimento corretta
Misure instabili	Bassa tensione di batteria	Verificare sul display la tensione e mettere in carica (manuale dedicato)
	Basso isolamento	Misurare isolamento tra i pins del connettore sonda ed il corpo in acciaio. Se inferiore a 50 MΩ inviare in Assistenza
	Presenza di umidità nel connettore	Asciugare. Verificare integrità "O-ring"
	Interruzione di uno o più conduttori elettrici	Verificare cablaggi Appendice. Mandare in Assistenza se si riscontra l'interruzione
Valori di checksum non costanti	Eccessivo gioco delle rotelle	Verificare il gioco delle rotelle. Inviare in Assistenza se necessario
	Rotelle non in guida	Verificare ed inserire correttamente le rotelle nelle guide. Calare la sonda più lentamente
	Tubo sporco	Pulire il tubo

Manutenzione

<u>Manutenzione sonda</u>

La sonda inclinometrica è uno strumento di precisione e va maneggiato con cura evitando urti accidentali sia durante il trasporto che l'uso.
Usare la custodia protettiva durante il trasporto e l'immagazzinamento.
Pulire la sonda con acqua e lubrificare senza usare grasso la molla dei bilancieri e le rotelle.
Rimuovere il fango e lo sporco che può depositarsi sulla molla.
Rimuovere il tappo protettivo dalla sonda e del cavo inclinometrico, pulire ed eventualmente asciugare il connettore ed il filetto.
La pulizia di tutti i connettori va effettuata utilizzando un batuffolo di cotone ed alcool.
Non usare solventi o altri prodotti che potrebbero danneggiarli.
La sonda ed i suoi accessori vanno immagazzinati in luogo asciutto.
La sonda per quanto possibile va immagazzinata sempre in posizione verticale. Per evitare fenomeni di condensa consigliamo di immagazzinare sonda e cavo privi dei tappi di protezione.
Questi vanno rimontati non appena si renda necessario il trasporto della strumentazione
Pulire il cavo inclinometrico con acqua ed asciugarlo.
Il continuo svolgimento e riavvolgimento del cavo può provocare, se impropriamente utilizzato, stiramenti e arrotolamenti nei conduttori introducendo problemi di difficile e mai tempestiva individuazione.

Quando non utilizzati proteggere sempre i connettori con i loro tappi.

L'assistenza post vendita dei prodotti SISGEO relativa a calibrazioni, manutenzioni e guasti, è effettuata presso SISGEO.
L'invio del materiale per le suddette attività avviene tramite richiesta di RMA "Return Manufacturer Authorization" sul nostro sito www.sisgeo.com
Se possibile, si consiglia di spedire il set completo di accessori.
Il materiale dovrà essere inviato con imballo idoneo in porto franco (spese di trasporto a carico del mittente) a :

SISGEO S.r.l.
Via F.Serpero, 4/F1
20060 MASATE (MI)
Alla c.a. : Ufficio Assistenza Tecnica

Sul documento di trasporto (DDT) obbligatorio, dovrà essere indicato il codice di autorizzazione ricevuto (RMA).
Proteggere la strumentazione da urti durante la spedizione utilizzando adeguati contenitori o, ancora meglio, gli involucri originali.

E-mail assistenza tecnica: assistance@sisgeo.com

Appendice 1

SISTEMA SERVOACCELEROMETRICO				
Sonda	**Funzioni**	**Cavo Inclinometrico**		
		Conn. 6 pins Femmina	***Colore***	***Conn. 7 pins MaschioPannello***
A	+Vcc	A	ARANCIO	A
B	-Vcc	B	GRIGIO	C
C	GND Alim.	C	NERO	B
D	+ OUT Ch.A	D	GIALLO	D
E	+ OUT Ch.B	E	BLU	E
F	GND MISURA	F	VERDE	F
			Calza	G

SISTEMA DIGITALE				
Sonda	**Funzioni**	**Cavo Inclinometrico**		
		Conn. 6 pins Femmina	***Colore***	***Conn. 7 pins Maschio Pannello***
A	+Vcc	A	ROSSO	A
B	-Vcc	B	NERO	C
C	N.C.			
D	N.C.			
E	RS485 A	E	BIANCO	E
F	RS485 B	F	VERDE	F

CAVO VOLANTE ECAV07V2

Connettore femmina (all'avvolgicavo)	**Connettore maschio (alla centralina di lettura)**
A	A
B	B
C	C
D	D
E	E
F	F
G	G

Appendice 2 TAVOLA RIFERIMENTI QUOTA DI PROFONDITA'

METRI	VERDE	NERO	ROSSO	BIANCO
5	1			
10		1		
15	1	1		
20			1	
25	1		1	
30		1	1	
35	1	1	1	
40			2	
45	1		2	
50				1
55	1			1
60		1		1
65	1	1		1
70			1	1
75	1		1	1
80		1	1	1
85	1	1	1	1
90			2	1
95	1		2	1
100				2
105	1			2
110		1		2
115	1	1		2
120			1	2
125	1		1	2
130		1	1	2
135	1	1	1	2
140			2	2
145	1		2	2
150				3
155	1			3
160		1		3
165	1	1		3
170			1	3
175	1		1	3
180		1	1	3
185	1	1	1	3
190			2	3
195	1		2	3
200				4